

**Karolina Bartos**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

---

## TEORETYCZNE PODSTAWY KONCEPCJI *LEAN MANUFACTURING* I JEJ WYBRANE NARZĘDZIA

---

**Streszczenie:** Celem artykułu jest ukazanie *Lean Manufacturing* jako sposobu zarządzania produkcją, który pozwala podwyższyć jakość produktów, umożliwiając jednocześnie eliminację zbędnych kosztów wpływających na ich cenę. Przedstawiono definicję koncepcji LM oraz jej krótki rys historyczny. Skupiono się na scharakteryzowaniu różnych rodzajów marnotrawstwa, występujących podczas wytwarzania produktów, których eliminacja jest głównym zadaniem organizacji wdrażającej program LM. W drugiej części opisano wybrane narzędzia LM, takie jak mapowanie wartości, TPM, SMED i Poka-Yoke.

**Słowa kluczowe:** *Lean Manufacturing*, VSM, TPM, SMED, Poka-Yoke.

### 1. Wstęp

Obecna walka firm o pozyskiwanie i utrzymanie klientów jest czymś oczywistym. Organizacje, które nie podejmą walki, skazane są na pożegnanie się z rynkiem. Klienci stają się coraz bardziej wymagający. Liczy się dla nich nie tylko cena produktu, ale także jego jak najwyższa jakość. Pojawia się więc konieczność dostarczenia na rynek produktu spełniającego oczekiwania klientów, i to w przystępnej cenie. Koncepcja *Lean Manufacturing* (LM) może okazać się skutecznym lekiem dla wielu przedsiębiorstw działających na współczesnym rynku, gdzie ten problem staje się coraz bardziej aktualny.

### 2. Definicja i geneza koncepcji *Lean Manufacturing*

*Lean Manufacturing* należy do rodziny nowych koncepcji zarządzania. Termin *lean* oznacza w języku angielskim wyszczuplenie, odchudzenie, natomiast *manufacturing* to wytwarzanie, produkcja. LM oznacza więc „odchudzoną produkcję”, która skupia się na wytworzeniu produktu w taki sposób, by klienci płacili tylko za jego wytworzenie, a nie za funkcjonowanie całej struktury organizacyjnej, hal, magazynów, środków transportu lub biurokracji [Czerska 2002]. „Szczupłe” podejście pozwala na ograniczenie zużycia wszystkiego, co potrzebne jest w procesie produkcyj-

nym, dając w efekcie produkt odpowiadający w większym stopniu oczekiwaniom klientów oraz wytworzony po dużo niższych kosztach niż produkt powstały w systemie produkcji masowej [Czarnecki 2006, s. 21]. „Krótko mówiąc, szczupłe podejście jest *szczupłe*, ponieważ pokazuje, w jaki sposób produkować coraz więcej, zużywając coraz mniej – mniej ludzkiej pracy, mniej urządzeń, czasu i przestrzeni – a wszystko to przy coraz wyższym poziomie zaspokojenia potrzeb klientów” [Womack, Jones 2008, s. 20].

Niemal w każdej książce czy artykule dotyczącym Lean zawarta jest informacja, że kluczem do osiągnięcia szczupłego przedsiębiorstwa jest eliminacja „muda” (po japońsku marnotrawstwa). Najbardziej znany sposób jej klasyfikowania to tzw. siedem grzechów głównych marnotrawstwa [*Identyfikacja marnotrawstwa...* 2008, s. 27-46], zawierający siedem źródeł marnotrawstwa, sklasyfikowanych przez jednego z powojennych dyrektorów Toyoty – Taiichi Ohno (1912-1990). Należą do nich:

- Nadprodukcja (wytwarzanie niepotrzebnych produktów w niewłaściwym czasie i w niewłaściwej ilości; pojawia się przy produkcji towarów, na które nikt nie złożył zamówienia).
- Zapasy (w szczupłej produkcji zapasy ponad minimum zapewniające ciągłość produkcji są traktowane jako symptom choroby, a sterty zapasów świadczą o poważnych problemach, które trzeba pokonać, jak złe rozmieszczenie maszyn, długi czas przebrojenia maszyn, wadliwe części, lub o tym, że proces poprzedzający jest szybszy od kolejnego).
- Transport (nie można całkowicie wyeliminować transportu towarów w trakcie i pomiędzy procesami, ale należy dążyć do skrócenia odległości transportowych oraz do eliminacji punktów składowania; przyczyną zbędnego transportu może być na przykład złe rozmieszczenie maszyn).
- Braki (marnotrawstwo związane z brakami obejmuje produkty wadliwe, koszty kontroli jakości, reakcji na reklamacje klientów i naprawy usterek; prowadzi do zwiększenia poziomu produkcji, mającego uzupełnić braki spowodowane wadami; ze wzrostem liczby produktów wadliwych wzrasta też liczba kontrolerów, co ma zapobiec przedostaniu się produktów wadliwych do klienta; wynikiem takich działań jest spadek wydajności i wzrost kosztów materiałów i kosztów pracy).
- Zbędne przetwarzanie (to te elementy i procesy, których wykonywanie nie musi być konieczne; przyczynami zbędnego przetwarzania może być niewłaściwe zaprojektowanie procesów lub operacji, złe dobranie urządzeń, brak standaryzacji, niewłaściwy dobór surowców, brak odpowiedniego przeszkolenia pracowników).
- Zbędny ruch (to ruchy, które nie są potrzebne do wykonywania operacji; podczas gdy wiele rodzajów ruchów jest niezbędnych do przeprowadzania operacji; praca to te ruchy, które dodają wartość do produktu, a każdy gest, który nie dodaje wartości, to marnotrawstwo).

- Oczekiwanie (odnosi się do czasu oczekiwania zarówno ludzi, jak i maszyn; może ono wynikać z wielu powodów, takich jak: opóźnienia w transporcie, awarie maszyn, a także zbyt wolna lub zbyt szybka praca operatorów).

Istnieje jeszcze ósmy, pominięty przez Ohno, rodzaj muda – niewykorzystane pomysły pracowników [Materiały... 2008], które mogłyby się przyczynić do usprawnienia operacji i eliminacji marnotrawstwa. Zmarnowana szansa na poprawę wydajności nie tylko nie przyniesie oszczędności przedsiębiorstwu, ale także wywoła zniechęcenie wśród pracowników i zmniejszenie ich zaangażowania w wykonywaną pracę.

Wspomniany dyrektor Toyoty był prekursorem koncepcji *Lean*. Przedsiębiorstwa w powojennej Japonii charakteryzowały się niedoborem zarówno zasobów surowcowych, jak i finansowych. Dodatkowo zniszczenia wojenne oraz amerykańska okupacja sprawiły, że musiały znaleźć własną drogę rozwoju i przetrwania. Rozwiązaniem okazał się system oparty na produkcji eliminującej wszelkie marnotrawstwo, wytwarzaniu tylko tego, czego oczekuje klient (system ssący), w odpowiedniej ilości i w odpowiednim czasie (*just-in-time*) [Koch i in. 2003]. Jako pierwsza zastosowała go w latach 50. japońska Toyota, wkrótce po niej przyszedł czas na amerykańskiego Forda, później zaś na innych producentów samochodów. Nic dziwnego, że na początku koncepcja była kojarzona wyłącznie z produkcją masową. Dopiero na przełomie lat 80. i 90., kiedy zaczęto na świecie poszukiwać sposobów poprawiania jakości i doskonalenia metod wytwarzania, system *Lean* znalazł miejsce w mniejszych przedsiębiorstwach o różnych typach produkcji [Czerska 2001]. Nikt wtedy jeszcze nie pomyślał o nazwaniu produkcji zużywającej mniej nakładów terminem „szczupła”. Nazwy tej pierwsi użyli naukowcy z Massachusetts Institute of Technology w Bostonie: James P. Womack, Daniel T. Jones i Daniel Roos w opublikowanej w 1991 roku pracy *The Machine That Change the World*. Powstała ona na potrzeby programu pod nazwą *International Motor Vehicle Program* w wyniku badań światowego przemysłu motoryzacyjnego.

### 3. Wybrane narzędzia LM

W celu skutecznego wprowadzenia do przedsiębiorstwa koncepcji *Lean Manufacturing* niezbędne są odpowiednie narzędzia. Do najczęściej stosowanych należą:

- 5S,
- mapowanie procesu,
- kompleksowe utrzymanie ruchu (TPM – *Total Productivity Maintenance*),
- skracanie czasów przebrojeń (SMED – *Single Minute Exchange of Die*),
- Poka-Yoke,
- system kart Kanban.

Poniżej zostaną omówione wybrane narzędzia: mapowanie procesów, TPM, SMED oraz Poka-Yoke.

### 3.1. Mapowanie procesu

Mapowanie procesów pozwala eliminować marnotrawstwo, czyli realizować jedno z głównych założeń *Lean Manufacturing*. Jego stosowanie sprowadza się do graficznego przedstawienia funkcjonowania procesu lub zespołu procesów (operacji) i ich wzajemnych powiązań. To odzwierciedlenie graficzne polega na narysowaniu na papierze drogi, jaką przebywają informacje i produkty przez system produkcyjny. Możliwe jest także wykorzystanie do tego oprogramowania komputerowego typu Office lub specjalnie do tego stworzonego. Do opisu poszczególnych elementów mapy procesu stosuje się odpowiednie symbole graficzne. Tworząc mapę, należy zadać sobie pytanie o jej granice (czyli gdzie jest początek, a gdzie koniec całego zespołu operacji) oraz jak szczegółowo ma ona obrazować proces. Kiedy chcemy przedstawić (np. klientowi lub kierownikowi) ogólne zasady funkcjonowania cyklu produkcyjnego, wystarczy mniej szczegółowa mapa. Natomiast bardziej szczegółową stosuje się przy wprowadzaniu zmiany w procesie, np. przy wdrażaniu nowego wyrobu do produkcji. Przy jej budowie powinny uczestniczyć osoby dokładnie znające proces (pracownicy). Tylko przy ich udziale możliwe jest stworzenie rzeczywistego obrazu procesu. Poszczególne operacje łączy się między sobą za pomocą strzałek. Istnieje ważna zasada mówiąca, że z każdej operacji może prowadzić tylko jedno wyjście. W przeciwnym razie należy zastosować symbol decyzji i właściwie rozdzielić wyjście [Huber, *Mapowanie...*].

Narzędzie mapowania można wykorzystać do mapowania strumienia wartości (VSM – *Value Stream Mapping*). Przez pojęcie „strumień wartości” rozumiemy „wszystkie działania (zarówno te, które dodają wartość w realizowanym procesie, jak i te, które wartości nie dodają), podejmowane w celu przeprowadzenia danego produktu przez cały charakterystyczny dla niego proces, w tym:

- 1) proces produkcyjny – począwszy od zakupu surowców i materiałów, a skończywszy na dostarczeniu wyrobu gotowego;
- 2) kompletny proces projektowy – od powstania pomysłu do wdrożenia” [Rother, Shook 2004, s. 3].

Zobrazowanie strumienia wartości pozwala dostrzec w nim źródła wszelkiego rodzaju marnotrawstwa i skutecznie je wyeliminować. Mapowanie obejmuje zarówno przepływy materiałowe, jak i informacyjne. Pierwszym etapem procesu jest stworzenie mapy stanu obecnego wybranej rodziny produktów. Nie mapuje się jednocześnie wszystkiego, co „płyne” przez halę produkcyjną, ponieważ byłoby to zbyt skomplikowane do wykonania, a umieszczenie wielu przepływów na jednej mapie czyniłoby ją nieczytelną. Kolejny etap to opracowanie mapy stanu przyszłego. Działanie to ma na celu określenie pożądanego, docelowego stanu strumienia wartości. Wraz z mapą stanu przyszłego formułowane są zadania niezbędne do osiągnięcia wypracowanej wizji. Docelowy stan wiąże się zwykle z redukcją zapasów we wszystkich ogniach systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa oraz z dostosowaniem tempa produkcji do tempa zamówień składanych przez klientów [Sobczyk, Oleksy].

Kiedy zaplanowany stan przyszły zostanie osiągnięty, przychodzi pora na zbudowanie nowej mapy stanu przyszłego. Ponieważ zawsze można ulepszać już udoskonalony proces poprzez likwidację „muda” wyższej grupy. Na tym polega ciągle doskonalenie strumienia wartości.

Do cech czyniących VSM podstawowym narzędziem LM należą: możliwość nie tylko zauważenia marnotrawstwa w procesie, ale także określenia jego źródła w całym strumieniu wartości; możliwość zobaczenia całego przepływu strumienia wartości, ponieważ mapowanie pozwala na zobrazowanie więcej niż pojedynczego procesu. Ponadto mapowanie pozwala na dokładne przeanalizowanie decyzji dotyczących zmian w przepływie. Niewykorzystanie tej techniki powoduje, że wiele szczegółów może umknąć uwagi, co przyczyniłoby się do błędnych decyzji [Rother, Shook 2004, s. 4].

Zdaniem Rothera i Shooka mapowanie jest metodą o wiele lepszą niż metody ilościowe, gdyż jako jakościowe narzędzie szczegółowo opisuje, jak dane przedsiębiorstwo powinno działać w celu zapewnienia odpowiedniego przepływu. Metody ilościowe dostarczają jedynie samych liczb, które można wykorzystać jako wskaźniki strat lub zysków albo jako dowód, że dany problem jest istotny. Mapowanie natomiast dostarcza pomysłów, jak wpłynąć na zmianę tych liczb.

### **3.2. Kompleksowe utrzymanie ruchu (TPM – *Total Productivity Maintenance*)**

Firma nie będzie w stanie stworzyć niezakłóconego przepływu wartości, jeśli będą występować awarie maszyn powodujące przestoje oraz defekty produktów wynikające z błędów maszyn. Narzędziem pozwalającym uniknąć tych problemów jest TPM. *Total Productive Maintenance* to w dosłownym tłumaczeniu Totalne (Całościowe) Utrzymanie Ruchu. W tradycyjnym podejściu dział utrzymania ruchu działa na zasadzie „gaszenia pożarów”, czyli interweniuje dopiero wtedy, gdy pojawia się awaria bądź problem z maszyną. TPM dąży do osiągnięcia: zero awarii, zero defektów wynikających z pracy maszyn, zero wypadków przy pracy. Za dążenie do realizacji tych celów odpowiedzialny jest każdy operator maszyny powołany do wykonywania systematycznie czynności konserwacyjnych i innych specjalistycznych operacji poprawiających funkcjonowanie maszyny [Materiały... 2008].

Historia TPM jest związana z Japonią, gdzie udoskonalono amerykańską metodę utrzymywania ruchu, polegającą na stworzeniu odrębnego działu zajmującego się naprawą i konserwacją urządzeń. Japończycy włączyli w to wszystkich pracowników produkcyjnych, ponieważ nikt tak dobrze, jak pracownicy obsługujący maszyny, nie jest w stanie zebrać informacji i zauważyć sygnałów świadczących o jej stanie, a w konsekwencji zapobiec awarii. W ramach TPM realizuje się także zasadę ciągłej poprawy konstrukcji maszyny, wynikającą z jej niedoskonałego projektu oraz zasadę wykrywania i usuwania problemów, zanim przekształcą się one w niezaplanowany postój maszyny [Brzeski, Figas].

Należy pamiętać, że fundamentem TPM jest funkcjonowanie w przedsiębiorstwie zasad 5S<sup>1</sup>, nie powinno się więc zaczynać implementacji TPM bez wcześniejszego wprowadzenia 5S. Wdrażanie TPM opiera się na pięciu filarach [*Utrzymanie ruchu...*]:

- eliminacja sześciu podstawowych strat (awarie, zbyt długi czas przebrojeń i regulacji, bezczynność i drobne postoje, obniżona prędkość pracy, niska jakość produkowanych elementów, obniżona wydajność podczas rozruchu);
- program autonomicznej konserwacji;
- program planowanej konserwacji;
- ciągle doskonalenie (szkolenia i treningi dla pracowników);
- zarządzanie wyposażeniem (posiadanie sprawdzonego, łatwego do konserwacji parku maszynowego).

Autonomiczna konserwacja wykonywana jest przez operatorów maszyn i urządzeń. Słowo „autonomiczna” oznacza tutaj „samodzielna, niezależna” i odnosi się do samodzielnej konserwacji parku maszynowego przez pracowników produkcyjnych. Filar ten wymaga pełnego zaangażowania personelu produkcyjnego i jest bardzo trudny do wprowadzenia. Dużym problemem szczególnie, jeśli dana organizacja działa już od dłuższego czasu, jest zmiana nastawienia operatorów, że mechanicy są do naprawiania, a oni mają zajmować się tylko produkcją. Dlatego wprowadzanie TPM wymaga czasu i cierpliwości. Program autonomicznej konserwacji składa się z następujących elementów: czyszczenie i sprawdzanie maszyny, eliminacja źródeł zabrudzeń, określanie standardów czyszczenia i smarowania, szkolenie pracowników z zakresu samodzielnej konserwacji, samodzielna konserwacja przez operatora, organizacja i porządek, pełne wprowadzenie autonomicznej konserwacji.

Planowa konserwacja maszyn dokonywana jest przez pracowników utrzymania ruchu (mechaników) i przyczynia się do znacznego zmniejszenia liczby awarii. Można wyróżnić dwa rodzaje planowej konserwacji maszyn: konserwacja profilaktyczna i prognozowana.

W przypadku konserwacji profilaktycznej wykonuje się czynności konserwacyjne zalecone przez producenta, który powinien wskazać, jakie elementy urządzenia trzeba wymieniać i z jaką częstotliwością, aby maszyna działała sprawnie. Główną wadą tego podejścia jest wysoki koszt utrzymania urządzenia. Wielokrotnie może się okazać, że wymieniamy część, która mogła być jeszcze sprawna przez długi czas. Jest to szczególnie dotkliwe w przypadku drogich elementów zamiennych. Często producenci, chcąc uniknąć problemów z awariami, podają konieczność częstszych wymian części, niż jest to faktycznie potrzebne. Powoduje to nie tylko koszty związane z zakupem nowych zamienników, ale także wzrost zatrzymań maszyn, które

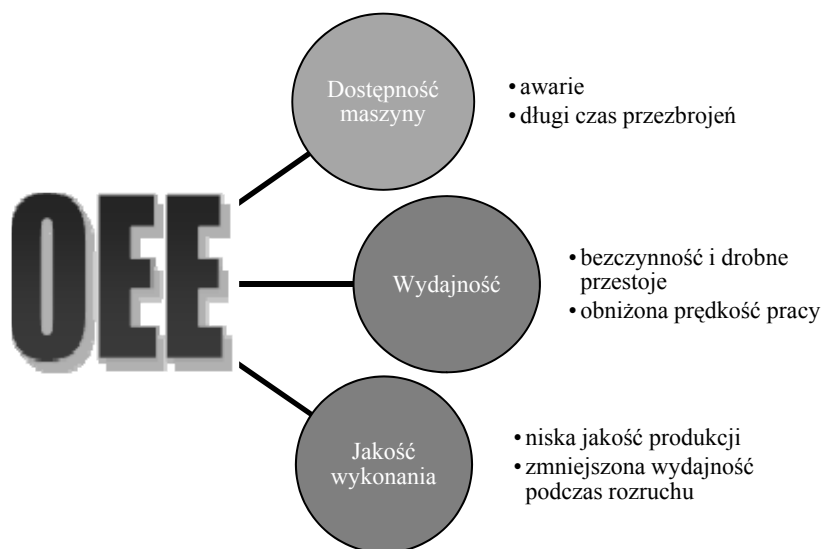
---

<sup>1</sup> 5S to jedno z podstawowych narzędzi LM, nazwa odnosi się do pięciu japońskich słów rozpoczynających się na literę s, które charakteryzują podejście do organizacji i zarządzania miejscem pracy oraz procesem pracy zmierzającym do podniesienia wydajności przez wyeliminowanie strat, usprawnienie procesów i redukcję procesów zbędnych. Polskie odpowiedniki tych słów to: selekcja, systematyka, sprzątnięcie, standaryzacja, samodoskonalenie.

będą wprawdzie zaplanowane, ale nie zawsze konieczne. Do największych zalet należy pewność, że konserwowana w ten sposób maszyna będzie sprawna. Konserwacja prognozowana polega na przewidzeniu trwałości danej części lub maszyny. Dział utrzymania ruchu powinien na podstawie doświadczenia i szeregu technik (np. analiza drgań, hałasu, stopnia zużycia środków smarnych) ustalić częstotliwość interwencji. Wadą tego podejścia jest brak całkowitej pewności, że wszystko będzie działać sprawnie, gdyż nie wszystko da się przewidzieć. Jednak ta metoda jest o wiele mniej kosztowna od poprzedniej i wymaga mniejszej ilości przestojów, co wpływa na większą wydajność.

Oba podejścia mają swoje wady i zalety. Dlatego najwłaściwsze jest zastosowanie kombinacji obu rodzajów konserwacji dobranej w zależności do maszyny i osoby za nią odpowiedzialnej [*Utrzymanie ruchu...*].

Postęp w TPM mierzony jest głównie przez miernik OEE (*Overall Equipment Effectivnes*), który można tłumaczyć jako poziom efektywnego wykorzystania maszyn. Jest to wskaźnik łączący dostępność maszyn, wydajność ich pracy, a także jakość procesu wytwarzania (rys. 1).



Rys. 1. Schemat liczenia OEE

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Materiały... 2008] oraz [*Utrzymanie ruchu...*]

OEE oblicza się następująco [Materiały... 2008]:

$$\text{OEE} = \text{Dostępność maszyny} \times \text{Wydajność} \times \text{Jakość wykonania} [\%]$$

$$\text{Dostępność} = \frac{\text{czas zmiany} - \text{postoje (przebrojenia + awarie + inne)}}{\text{czas zmiany}}$$

$$\text{Wydajność} = \frac{\text{cała produkcja (dobra i zła)}}{\text{czas operacyjny} \times \text{nominalna prędkość}}$$

$$\text{Jakość} = \frac{\text{cała produkcja} - \text{braki}}{\text{cała produkcja}}$$

Przy liczeniu wskaźnika OEE istotne jest, by dane zostały zebrane bezpośrednio na hali produkcyjnej, ponieważ tylko w ten sposób otrzymamy wyniki odzwierciedlające rzeczywistą sytuację. Aby operatorzy mogli na bieżąco dostarczać potrzebnych informacji o efektywności maszyn, należy stworzyć prosty sposób zbierania danych.

Innymi miernikami wykorzystywanymi w TPM są MTBF (*Mean Time Between Failures*) oraz MTTR (*Mean Time to Repair*). MTBF jest wskaźnikiem informującym, jaki jest średni czas pomiędzy awariami poszczególnych elementów maszyny. Informacja ta powinna być wykorzystywana do właściwego zaplanowania przeglądów konserwacyjnych. Wartość wskaźnika równa 6000 roboczogodzin oznacza, że co 6000 roboczogodzin należy spodziewać się uszkodzenia danego elementu. MTTR informuje, ile czasu wymaga naprawa danego urządzenia lub elementu maszyny. Należy dążyć do jak najmniejszej wartości tego wskaźnika. MTTR podaje się w minutach, jego wartość pozwala przewidzieć, ile czasu zajmie dana naprawa i uwzględnić to przy planowaniu przeglądów konserwacyjnych [*Utrzymanie ruchu...*].

### 3.3. Skracanie czasów przebrojeń (SMED – *Single Minute Exchange of Die*)

Szybkie przebrojenia maszyn są konieczne w przedsiębiorstwach chcących funkcjonować zgodnie z filozofią „szczępłego myślenia”. LM zakłada zmniejszanie wielkości partii produkcyjnych w celu dostosowania produkcji do zmieniających się wymagań rynku. Dlatego należy dążyć do skracania czasu potrzebnego do przebrojenia maszyn, gdyż to właśnie ten czas determinuje zwykle wielkość partii produkcyjnej. Narzędziem do tego wykorzystywanym jest system SMED. SMED jest teorią i zestawem technik umożliwiających eliminację zbędnych przestojów w procesie produkcyjnym, które powodują powstawanie zatorów zwiększających koszty produkcji. Jej twórcą był japoński inżynier Shigeo Shingo, który stosując ją do przezbierania tysiąctonowych pras, osiągnął rewelacyjne wyniki. Skrócił czas ich przezbierania z kilku godzin do zaledwie kilku minut, znacznie redukując przez to koszty procesu produkcyjnego. Dzięki metodzie SMED możliwa jest więc eliminacja wąskich gardeł w niektórych procesach produkcyjnych. Ważnym założeniem tej metody jest wyodrębnienie dwóch grup operacji przezbierania: wewnętrznych i zewnętrznych. Wewnętrzne operacje są możliwe do wykonania jedynie przy wyłączonej maszynie, np. montaż lub demontaż matryc. Zewnętrzne można wykonywać podczas pracy urządzenia, np. transport zużytych matryc do miejsca ich składowania, dostarczenie w pobliże maszyny nowych matryc [Mrozek-Duda, Wójcik 2004, s. 19-22].



Wyłączenie maszyny na czas realizacji czynności przygotowawczych wydłuża czas procesu produkcyjnego, głównie z powodu późniejszego rozruchu maszyny i wykonania tzw. roboczej serii próbnej. Metoda SMED umożliwia rozróżnienie, a następnie zamianę części czynności przygotowawczych z wewnętrznych na zewnętrzne. Pozwala to zredukować czas przygotowawczo-zakończeniowy (tpz). W dalszej kolejności w celu jeszcze większego skrócenia czasów przebrojeń dokonuje się usprawnień obu typów operacji [Czerska].

System SMED realizowany jest w trzech etapach:

- separacja czynności wewnętrznych i zewnętrznych;
- przekształcenie przebrojenia wewnętrznego na zewnętrzne;
- usprawnienie czynności.

Separacja czynności wewnętrznych i zewnętrznych polega na podziale czynności i wyodrębnieniu tych, które można wykonywać w trakcie pracy maszyny, i tych, których wykonanie jest możliwe dopiero po zatrzymaniu maszyny.

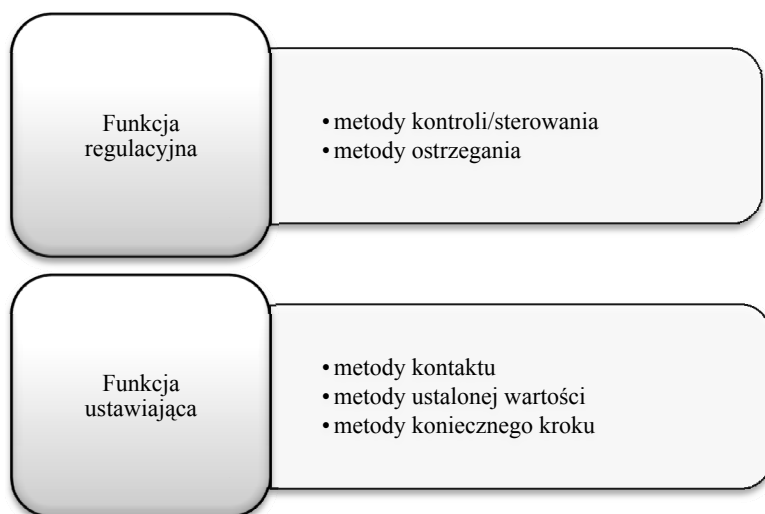
Drugim etapem jest przekształcenie przebrojenia wewnętrznego na zewnętrzne. Aby drastycznie zredukować tpz, należy dokonać przekształceń czynności realizowanych wewnątrz na realizowane na zewnątrz. Jedną z takich czynności jest transport narzędzi i materiałów z magazynu na stanowisko pracy. Zwykle ta operacja wykonywana jest w trakcie wewnętrznych czynności przygotowawczych, co wydłuża czas przygotowawczo-zakończeniowy. Należy przeprowadzać tę operację w trakcie pracy maszyny. Można to osiągnąć poprzez zautomatyzowanie transportu lub przy wykorzystaniu drugiego pracownika, jeśli operator nie może opuścić swojego stanowiska przy maszynie w trakcie jej pracy.

Ostatni etap polega na usprawnieniu czynności zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Doskonalenie operacji zewnętrznych odnosi się do usprawniania metod przechowywania i transportu narzędzi i materiałów. W wielu przedsiębiorstwach rozpoczyna się te działania od wprowadzenia ręcznych wózków narzędziowych, zawierających wszystkie podręczne, potrzebne w czasie przebrajania, narzędzia i materiały. Przykładem usprawniania czynności wewnętrznych jest równoległa realizacja operacji przebrojenia przez kilku pracowników. Jest ona stosowana głównie w czasie przebrajania maszyn o dużych gabarytach. Eliminuje się w ten sposób konieczność wielokrotnego przechodzenia wokół maszyny [Walczak 2006, s. 123-137].

### 3.4. Poka-Yoke

Jednym z „siedmiu grzechów głównych marnotrawstwa”, sklasyfikowanych przez Taiichi Ohno, były braki. Marnotrawstwo związane z brakami obejmuje koszty wytworzenia produktów wadliwych, koszty kontroli jakości i reakcji na reklamacje klientów. Liczba kontrolerów wzrasta wraz ze wzrostem liczby produktów wadliwych, co ma zapobiec przedostaniu się braków do klienta. W konsekwencji tych działań następuje wzrost kosztów materiałów i pracy oraz spadek wydajności.

Urządzenia Poka-Yoke mają uniemożliwić pracownikowi zrobienie błędu lub ostrzec go o wadzie. Za ich twórcę uważa się japońskiego inżyniera Shigeo Shingo (1909-1990) – wynalazcę opisanego wcześniej szybkiego przezbrojenia maszyn (SMED). Jako pierwszy zastosował on rozwiązanie Poka-Yoke w 1961 roku przy montażu wyłącznika elektrycznego w fabryce Yamada Electric. Później rozwiązania te były coraz częściej stosowane w japońskich fabrykach. Dopiero w latach 80. zaczęły się pojawiać w USA, a później w Europie. Shigeo Shingo klasyfikował urządzenia Poka-Yoke ze względu na ich funkcje i stosowane metody (rys. 2) [Huber 2006].



Rys. 2. Klasyfikacja urządzeń Poka-Yoka

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Huber 2006].

Do metod kontroli /sterowania należą narzędzia, które w razie wystąpienia wady zatrzymują maszynę lub proces. Należy wtedy wyeliminować lub naprawić wadliwy element i ponownie uruchomić maszynę. Wadą metody jest to, że ponowne uruchomienie maszyny bywa czasochłonne i przerwanie jej pracy zmniejsza wydajność danego procesu. Rozwiązaniem w takim przypadku jest oznaczenie wadliwego elementu bez dłuższego zatrzymywania maszyny i usunięcie go w kolejnym etapie procesu [Huber 2006].

Metoda ostrzegania polega na zwróceniu uwagi operatora maszyny, że wystąpiła wada. Ostrzeżenie może odbyć się za pomocą alarmu świetlnego lub/i dźwiękowego. Nie następuje samoczynne zatrzymanie maszyny, jak w poprzedniej metodzie, dlatego istnieje ryzyko, że pracownik nie zareaguje na alarm i wadliwy element przejdzie do kolejnego etapu procesu. Dlatego ostrzeżenie powinno być na tyle wyraźne, by operator nie mógł go przeoczyć, np. pulsujące czerwone światło wraz z alarmem dźwiękowym zwróci uwagę bardziej niż sam sygnał świetlny, wydany przez zapalenie się żółtej lampki [Huber 2006].

Są trzy metody służące wykryciu nieprawidłowości (funkcja ustawiająca). Pierwszą z nich jest metoda kontaktu. Polega ona na wykrywaniu za pomocą czujnika lub innego mechanicznego elementu urządzenia Poka-Yoke wad takich, jak zmiana koloru, kształtu, temperatury, wagi itp. Urządzeniem Poka-Yoka mogą być w tym przypadku różnego rodzaju czujniki: waga, fotokomórka, wyłączniki krańcowe, detektory metalu lub koloru itp. Często wystarczy odpowiednio zaprojektować oprzyrządowanie (wypustki, bolce), by uniemożliwić niepoprawne złożenie elementu. Kolejną metodą jest metoda ustalonej wartości. Często zdarza się, że przy linii produkcyjnej do wykonania jakiegoś etapu procesu potrzebna jest określona liczba ruchów lub/i zużycie odpowiedniej ilości materiałów. Metoda ta wykrywa błąd przez sprawdzenie liczby tych ruchów, np. ilość wywierconych otworów lub/i ilości zużytych materiałów, np. ilość śrubek, jakie należy wkręcić na danym etapie. Ostatnią metodą jest metoda koniecznego kroku. Polega ona na kontroli, czy dany ruch jest wykonany w określonej kolejności względem kolejnych operacji i w przewidzianym dla niego czasie. Przykładowo zamontowany jest czujnik pobrania elementu (fotokomórka, licznik, waga itp.), który pilnuje, by określony element z pojemnika, np. śruba, był w określonym czasie lub w określonej sekwencji pobrany przez pracownika i zamontowany, zanim wyrób opuści dane stanowisko. W przypadku, gdy element nie zostanie pobrany od momentu wjazdu wyrobu na stanowisko do momentu jego wjazdu, włącza się alarm i/lub zostaje zatrzymana linia produkcyjna [Huber 2006].

#### 4. Podsumowanie

Ciągłe udoskonalanie i podnoszenie jakości produktów przyczynia się do wzrostu kosztów ich wytwarzania. Firmy szukają sposobów minimalizacji tych kosztów, by móc dostarczać produkty po konkurencyjnych cenach. Odnalezienie i likwidacja głównych przyczyn marnotrawstwa powstającego podczas procesu produkcyjnego przyczynia się do zmniejszenia kosztów wytwarzania, a co za tym idzie – umożliwia dostarczenie produktu na rynek po niższej cenie. Jednym z narzędzi, które pomaga to osiągnąć, jest niewątpliwie mapowanie procesu. Graficzne przedstawienie poszczególnych elementów procesu ułatwia stworzenie nowego udoskonalonego cyklu produkcyjnego, w którym zostaną wyeliminowane źródła różnego rodzaju marnotrawstwa. Kolejnym narzędziem jest TPM, które przyczynia się do zmniejszenia ilości awarii i braków. Innym instrumentem pozwalającym zapobiegać lub wcześniej wykrywać marnotrawstwo związane z brakami jest Poka-Yoke. SMED natomiast umożliwia skrócenie czasu potrzebnego na przebrojenie maszyn, co pozwala wyeliminować marnotrawstwo związane z postojami. Istnieją jeszcze inne narzędzia takie jak 5S czy karty Kanban, które nie zostały zaprezentowane w niniejszym artykule, ale które także znacznie przyczyniają się do likwidacji marnotrawstwa. *Lean Manufacturing*, wykorzystując opisane powyżej narzędzia, okazuje się więc rozwiązaniem problemu wzrastających kosztów związanych z ciągłym podnoszeniem jakości produkowanych wyrobów. Stąd też coraz częściej polskie przedsiębiorstwa decydują się na wdrożenie tej koncepcji.

## Literatura

- Brzeski J.M., Figas M.I. *Fundamenty TPM*, [http://www.leanvision.com/upload/files/18/Fundamenty\\_TPM-article.pdf?1234536223](http://www.leanvision.com/upload/files/18/Fundamenty_TPM-article.pdf?1234536223).
- Czarnecki P., *Lean Management w japońskim przemyśle motoryzacyjnym*, „*Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*” 2006, nr 3.
- Czerska J., *Istota koncepcji Lean*, „*Personel i Zarządzanie*”, grudzień 2002.
- Czerska J., *Koncepcja Lean. Gdzie szukać oszczędności?*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2001, [http://www.lean.info.pl/PDF/KONCEPCJA\\_LEAN\\_GDZIE\\_SZUKAC\\_OSZCZEDNOSCI.pdf](http://www.lean.info.pl/PDF/KONCEPCJA_LEAN_GDZIE_SZUKAC_OSZCZEDNOSCI.pdf).
- Czerska J., *Skrócenie czasów przebrojeń*, [http://www.lean.info.pl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=97&Itemid=94](http://www.lean.info.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=94).
- Huber Z., *Mapowanie procesów*, <http://www.strefa-iso.pl/flow-chart.html>.
- Huber Z., *Poka-Yoke*, wyd. I, wrzesień 2006, <http://www.strefa-iso.pl/poka-yoke.html>.
- Identyfikacja marnotrawstwa na hali produkcyjnej*, The Productivity Press Development Team, ProdPress.com, Wrocław, listopad 2008.
- Koch T., Kornicki L., Sobczyk T., Oleksy S., *Wdrażanie szczupłego podejścia w Polsce*, III Konferencja Lean Manufacturing, Wrocław, 2-3 czerwca 2003, <http://lean.org.pl/download/download/19/Wdrazanie%20Lean%20w%20Polsce.pdf>.
- Materiały szkoleniowe LSS LM PF Jelfa S.A., 2008.
- Mrożek-Duda A., Wójcik M.H., *SMED jako metoda usprawnienia logistyki*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, „*Gospodarka Materiałowa i Logistyka*” 2004, 3.
- Rother M., Shook J., *Naucz się widzieć: Eliminowanie marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości*, The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts 2004.
- Sobczyk T., Oleksy S., *Współpraca Politechniki Wrocławskiej z przemysłem – doświadczenia z warsztatów Mapowanie Strumienia Wartości*, <http://lean.org.pl/download/download/3/VSM.pdf>.
- Utrzymanie ruchu – czy można zrobić coś więcej? TPM?*, <http://lean.org.pl/download/download/166/TPM%20Podstawy.pdf>.
- Walczak M., *Techniki organizatorskie w strukturze metody SMED*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie 2006, 713.
- Womack J.P., Jones D.T., *Lean thinking – szczupłe myślenie. Eliminowanie marnotrawstwa i tworzenie wartości w przedsiębiorstwie*, ProdPress.com, Wrocław, kwiecień 2008.

## THEORETICAL FOUNDATIONS OF LEAN MANUFACTURING AND ITS SELECTED INSTRUMENTS

**Summary:** The aim of this article is to present the LM as a way of production management, which enables to increase the quality of products and at the same time focuses on eliminating unnecessary costs affecting their price. The paper presents a definition of the Lean Manufacturing and its brief historical overview. The focus is put on characterizing different types of wastes in a manufacturing process and their elimination as the main goal of the organization implementing the LM programme. The second part describes a couple of instruments of the LM, such as value mapping, TPM, SMED, and Poka-Yoke.